



9. Колсанов, А.В. Комплекс «Виртуальный хирург» для симуляционного обучения хирургии / А.В. Колсанов, А.В. Иващенко, А.В. Кузьмин, А.С. Черепанов // Медицинская техника. - 2013. – № 6. – С. 7–10.

Р.А. Парингер, А.В. Куприянов

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕНДРИТНЫХ КРИСТАЛЛОГРАММ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Анализ изображений медицинских кристаллограмм – это важная часть медицинской диагностики. Медицинские кристаллограммы – это структуры, образованные при кристаллизации солей вследствие высушивания биологической жидкости (слеза, кровь, слюна и т.д.). Автоматизация обработки изображений кристаллограмм позволит повысить качество диагностики и сократит затраты времени на её проведение. Использование разной аппаратуры и техник получения изображений кристаллограмм приводит к тому, что изображения кристаллограмм могут существенно различаться по масштабу. Так при расчёте признаков для одной и той же кристаллограммы, снятой при различных разрешениях результаты диагностики могут оказаться различными. Поэтому, чтобы повысить общее качество диагностики предлагается сначала оценить масштаб съёмки изображения кристаллограммы. В рамках данной работы было проведено исследование качества классификации изображений дендритных кристаллограмм по масштабу. В работе используются алгоритмы расчёта геометрических признаков и факторов форм пространственного спектра. Алгоритм дискриминантного анализа использовался для определения признаков, эффективных при классификации изображений кристаллограмм по масштабу и для формирования более эффективных признаков.

**Геометрические признаки.** Модель дендрита представлена на рисунке 1.  $A, B, C, D$  – «вершины» дендритных отростков,  $E, F, G$  – «корни» дендритных отростков,  $EF, FG$  – расстояния между отростками,  $AE, BE, CF, DG$  – отростки дендритов.

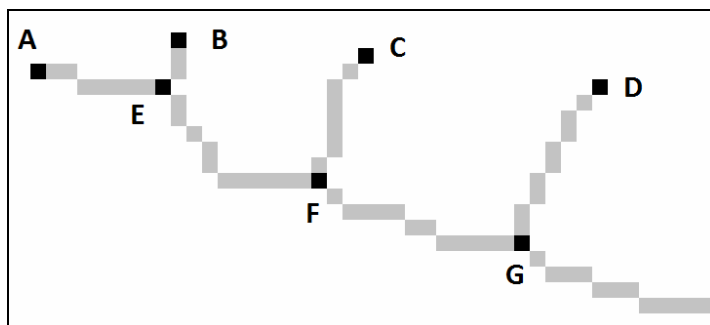


Рис. 1. Модель дендрита



Алгоритм состоит из следующей последовательности действий: пороговая обработка, медианная фильтрация, скелетизация, определение ключевых элементов, построение «карты дендритов», расчёт геометрических признаков [1-4\*].

Коэффициент роста  $C_g$ : отношение суммы длин всех отростков к сумме расстояний между отростками. Для рисунка 1.1:  $C_g = \frac{AE+BE+CF+DG}{EF+FG}$ .

Средний угол  $C_a$ : отношение суммы углов всех отростков к общему числу отростков. Для рисунка 1.1 угол отростка CF равен углу CFE в треугольнике CFE.

Коэффициент симметрии  $C_s$ : отношение количества «вершин» дендритных отростков к количеству «корней» дендритных отростков. Для рисунка 1  $C_s = \frac{4}{3}$ .

**Факторы форм.** Общий алгоритм можно представить следующей последовательностью действий: расчёт спектра изображения, пороговая обработка, преобразование области в замкнутую область, выделение контура объекта, подсчет факторов форм [5].

Фактор «Blair-Biss»  $F_b$  вычисляется по формуле:

$$F_b = \frac{S}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sum_{i=0}^{N-1} R_i^2}} - 1, \quad (2.1)$$

где  $S$  – площадь фигуры;

$N$  – количество точек фигуры;

$R_i$  – расстояние от  $i$ -ой точки до центра фигуры.

Фактор «Малиновской»  $F_m$  вычисляется по формуле:

$$F_m = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot S}} - 1, \quad (2.2)$$

где  $P$  – периметр фигуры;

$S$  – площадь фигуры.

Фактор «Харалика»  $F_h$  вычисляется по формуле:

$$F_h = \frac{\delta}{\mu}, \quad (2.3)$$

где  $\delta$  – среднеквадратичное отклонение контурных точек от центра масс;

$\mu$  – среднее расстояние контурных точек от центра масс.

Признак «Компактность»  $F_c$  вычисляется по формуле:

$$F_c = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (R_i - R_k)^2}, \quad (2.4)$$

где  $N$  – количество точек фигуры;

$R_i$  – расстояние от центра масс до  $i$ -ой точки фигуры;



$R_k$  – среднее расстояние всех точек фигуры от центра масс.

Площадь равно числу пикселей на изображении замкнутой области спектра, периметр равен числу пикселей контура замкнутой области спектра.

**Дискриминантный анализ.** При анализе признаков по критерию эффективности классификации особый интерес представляют методы дискриминантного анализа, включающий методы интерпретации межгрупповых различий, при использовании которых появляется возможность получить следующую информацию:

- 1) оценку информативности признаков для разделения объектов на классы;
- 2) оценку разделимости на классы при использовании некоторого набора признаков;
- 3) параметры оптимального разделения объектов на классы.

В дискриминантном анализе – критерий разделимости классов формируется с использованием матриц рассеяния внутри классов и матриц рассеяния между классами [6].

Классификация выполнялась методом опорных векторов. Для обучения классификатора были использованы изображения формата jpg с разрешением 256 на 256 пикселей, состоящие из 256 полутоновых оттенков. Всего было обработано 468 изображений кристаллограмм, принадлежащих двум различным классам. По 234 изображения каждого класса.

К первому классу относятся изображения дендритных кристаллограмм, полученные при увеличении в 100 раз, пример представлен на рисунке 2а. Ко второму классу относятся изображения дендритных кристаллограмм, полученные при увеличении в 200 раз, пример представлен на рисунке 2б.

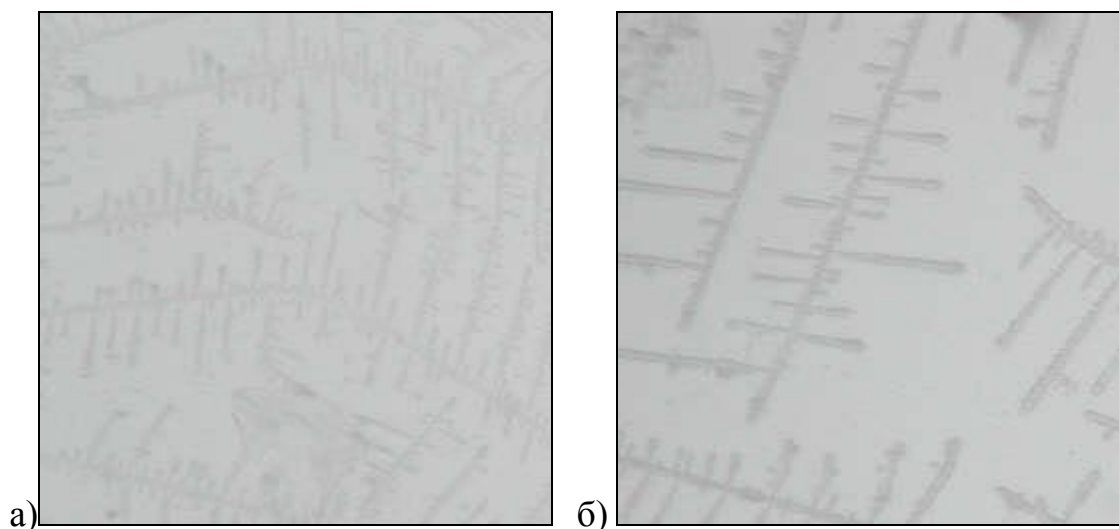


Рисунок 2 – Изображение дендритных кристаллограмм, а) при увеличении в 100 раз, б) при увеличении в 200 раз.

Критерием качества классификации определим ошибку классификации, показывающую, в скольких случаях классификатор принял неправильные решения, по формуле:



$$\varepsilon = \frac{k}{n} \cdot 100\%,$$

где  $k$  – количество ошибок классификации;  
 $n$  – общее количество изображений.

Наименьшее значение ошибки классификации, полученное без использования алгоритма дискриминантного анализа, было достигнуто при использовании всех семи признаков и составило 37%.

Алгоритм дискриминантного анализа применялся ко всем комбинациям признаков. Наивысшее значение критерия разделимости было получено при использовании всех семи признаков. Из них был сформирован один новый признак. Ошибка классификации при использовании нового сформированного признака составила 14%.

С одной стороны, полученные результаты указывают на возможность применения всех описанных признаков при классификации разномасштабных изображений кристаллограмм, с другой стороны нельзя сказать, что значение ошибки классификации равное 14% является приемлемым. Можно сделать вывод о том, что для классификации подобного рода необходимо использование дополнительных признаков.

### Литература

1. Парингер Р.А., Куприянов А.В. Разработка методов оценивания геометрических параметров дендритных кристаллограмм // «XI Королёвские чтения», 2011. – С. 300.
2. Парингер Р.А., Куприянов А.В. Methods For Estimating Geometric Parameters of The Dendrite's Crystallogramms // Proceedings of 8th Open German-Russian Workshop “Pattern Recognition and Image Understanding” OGRW-8-11, 2011. – 226-229 pp.
3. Парингер Р.А., Куприянов А.В. Метод оценивания геометрических параметров дендритных кристаллограмм, основанный на алгоритме скелетизации // «КОСМОС – 2012», 2012. – № 3. – С. 207-209.
4. Парингер Р.А. Выделение и анализ дендритов на изображениях диагностических кристаллограмм биологических жидкостей // «Биомедсистемы-2012», 2012. – С. 105-108.
5. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Храмов А.Г. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики. – М.: Радио и связь, 2012. – 424 с.
6. Фукунага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага. – М.: Наука, 1979. – 270 с.